Само лат. слово antenna в нач. 20 в. было использовано радиоинженерами для обозначения ДВ-преобразователей эл.-магн. полей — проводов, укреплённых на мачтах.

Появление радиоантенн относится к кон. 19 в. В 1888 Г. Герц (H. Herz), использовав дипольную А. (*Герца вибратор*, рис. 1), получил эл.-магн. волны ($\lambda = 0,6$—10 м), подтвердив выводы теории Максвелла (см. *Максвелла уравнения*, *Электродинамика классическая*). В 1895—96 А. С. Попов и независимо Г. Маркони (G. Marconi) создали А., использовавшиеся для практич. целей. Антенна Попова, в отличие от симметричного вибратора Герца, была несимметричной, вторым проводником служила Земля (рис. 2). Первоначально функции передатчика (приёмника), линии передачи и собственно А. были совмещены в одном узле, но в дальнейшем А. выделились в самостоят. устройства.

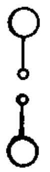

Рис. 1. Вибратор Герца.

Рис. 2. Антенна А. С. Попова.

До 1924 А. создавались в осн. для ДВ и СВ (λ от 200 м до 20 км). Эти А. (рис. 3 и 4) являются развитием и модификацией несимметричной заземлённой антенны

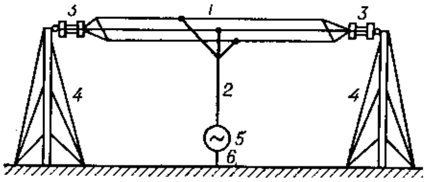

Рис. 3. Схема ДВ-антенны: *1* — горизонтальная часть; *2* — снижение; *3* — изоляторы; *4* — мачты с оттяжками; *5* — передатчик; *6* — заземление.

Попова. В 1924—31 появляются А. для КВ ($\lambda \sim 10$—75 м), используемые для дальней связи. Развитие в 1940—50-х гг. теории и техники УКВ- и СВЧ-радиоволн (метровые, дециметровые, сантиметровые, миллиметровые волны), связанное с потребностями радиовещания, телевидения, радиолокации, а затем радиоастрономии и космич. связи, привело к созданию общей теории А. и множества новых типов А., в т. ч. щелевых антенн, диэлектрич. А., *антенных решёток* и *зеркальных антенн*, *антенн переменного профиля*, а также сложных антенных комплексов — *радиоинтерферометров* и систем *апертурного синтеза*.

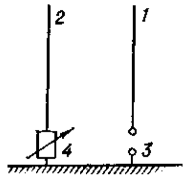

Рис. 4. Схема антенны СВ и ДВ: *1* — активный вибратор (мачта или башня); *2* — пассивный вибратор (мачта или башня); *3* — клеммы передатчика; *4* — элемент настройки.

Излучение радиоволн. В соответствии с *взаимности принципом*, к-рому удовлетворяют поля в любых линейных системах и средах (кроме гиротропных), мн. характеристики передающих и приёмных А. взаимно сопоставимы. В частности, одним из следствий принципа взаимности является совпадение *диаграммы направленности* (ДН) при работе А. на передачу и на приём. Режим работы А. на передачу (излучение) более нагляден, поэтому далее обсуждаются передающие А.

Поле излучения создаётся А. благодаря возбуждённым в ней перем. токам. Это могут быть токи проводимости или поляризации, текущие по разл. элементам А., или условные токи, вводимые в качестве эквивалентов сторонних (т. е. поддерживаемых к.-л. внешним источником) полей $\boldsymbol{E}$ и (или) $\boldsymbol{H}$. Любое векторное поле состоит из вихревых и потенциальных частей, поэтому объёмные плотности электрич. токов j^e представляются в виде суммы $j^e = j^e_{\text{в}} + j^e_{\text{п}}$, $\operatorname{div} j^e_{\text{в}} = 0$, $\operatorname{rot} j^e_{\text{п}} = 0$. Поле излучения могут создавать только вихревые части токов $j^e_{\text{в}}$, интеграл от к-рых по любой замкнутой кривой (условному или реальному контуру) отличен от нуля $\oint j^e_{\text{в}}\, dl \neq 0$. Поэтому всегда можно ввести вспомогат. векторную величину j^m, удовлетворяющую соотношению $j^e = \frac{c}{i\omega} \operatorname{rot} j^m$ и проявляющую себя как нек-рый фиктивный магн. ток. Здесь приняты *Гаусса система единиц* и комплексная запись гармонич. зависимости от времени (ω — угловая частота, c — скорость света в вакууме, фактор $e^{i\omega t}$ опущен).

В простейшем случае однородной среды с пост. магн. μ и диэлектрич. ε проницаемостями определение полей $\boldsymbol{E}$ и $\boldsymbol{H}$, создаваемых электрич. и магн. токами j^e и j^m, сводится к решению двух неоднородных ур-ний Максвелла

$$\operatorname{rot} \boldsymbol{H} - \frac{i\omega\varepsilon}{c} \boldsymbol{E} = \frac{4\pi}{c} j^e,$$

$$\operatorname{rot} \boldsymbol{E} + \frac{i\omega\mu}{c} \boldsymbol{H} = -\frac{4\pi}{c} j^m,$$

к-рые инвариантны относительно замен $\boldsymbol{E} \longrightarrow \boldsymbol{H}$, $\boldsymbol{H} \longrightarrow -\boldsymbol{E}$, $j^e \longrightarrow j^m$, $j^m \longrightarrow -j^e$, $\varepsilon \rightleftarrows \mu$. Следовательно, можно искать только одно решение (j^e), получая второе (j^m) с помощью указанных замен. Этот метод известен как *двойственности перестановочной принцип*. Два примера использования принципа двойственности особо выделены в теории А.

Первый пример: идеально проводящий экран с отверстием (щелью), на к-ром задана тангенц. составляющая $\boldsymbol{E}_{\text{т}}$. Поле, создаваемое такой дифракц., или щелевой, А., совпадает с полем поверхностного магн. тока $j^m_{\text{пов}}$, текущего по затягивающей отверстие идеально проводящей плёнке и равного

$$j^m_{\text{пов}} = -(c/4\pi)\left[\boldsymbol{n}\boldsymbol{E}_{\text{т}}\right],$$

$\boldsymbol{n}$ — нормаль к поверхности, направленная в сторону искомого поля. Для плоских экранов нужно ввести удвоенный ток $j^m_{\text{пов}}$, текущий в свободном пространстве по площади отверстия.

Второй пример: кольцевой электрич. ток $I^e = \int j^e\, dS$ (dS — элемент сечения проводника), текущий вдоль окружности радиуса $a \ll c/\omega = \lambda/2\pi = \lambdabar = k^{-1}$, эквивалентен магн. диполю, направленному по оси рамки, образующему с током j^e правый винт и обладающему магн. моментом $p^m = Q^m l = I^e \sigma/c$, $\sigma = \pi a^2$ — площадь рамки, Q^m — эфф. магн. заряд, l — условная длина. Этот диполь двойствен электрич. диполю, образованному, напр., двумя проволочными штырями с зарядами $\pm Q^e$ (вибратор Герца).

Вибратор Герца (рис. 1) можно рассматривать как элементарный излучатель, поскольку любое распределение тока $j^e(\boldsymbol{r})$ допустимо расчленить на элементы с $l \ll \lambdabar$ и локально однородными токами $I^e = \int j^e\, dS$, текущими по тонким ($r \ll l$, $\lambdabar$) «трубкам тока». Эти трубки тока, хотя и не замкнуты, но обладают отличными от нуля вихревыми составляющими. Формирование поля таким макродиполем связано с излучением когерентно осциллирующих внутри него электрич. зарядов. Для электрич. диполя, помещённого в начале координат, с дипольным моментом $p = I^e l/i\omega$, ориентированным вдоль оси z, поле вне источника (при $r \gg l$) в вакууме определяется решением ур-ний Максвелла:

$$E_r = \left(\frac{1}{r^3} + \frac{ik}{r^2}\right) 2pe^{-ikr} \cos\theta,$$

$$E_\theta = \left(\frac{1}{r^3} + \frac{ik}{r^2} - \frac{k^2}{r}\right) pe^{-ikr} \sin\theta, \qquad (1)$$

$$H_\varphi = \left(\frac{1}{r^2} + \frac{ik}{r}\right) ikpe^{-ikr} \sin\theta.$$